

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-162178

(P2009-162178A)

(43) 公開日 平成21年7月23日(2009.7.23)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
F03H	1/00	(2006.01)	F03H 1/00	A
B64G	1/24	(2006.01)	B64G 1/24	Z
H05H	1/54	(2006.01)	H05H 1/54	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2008-2270 (P2008-2270)
(22) 出願日 平成20年1月9日 (2008.1.9)

(71) 出願人 503361400
独立行政法人 宇宙航空研究開発機構
東京都調布市深大寺東町七丁目4番地1
(74) 代理人 100082005
弁理士 熊倉 禎男
(74) 代理人 100067013
弁理士 大塚 文昭
(74) 代理人 100086771
弁理士 西島 孝喜
(74) 代理人 100109070
弁理士 須田 洋之
(74) 代理人 100119781
弁理士 中村 彰吾

最終頁に続く

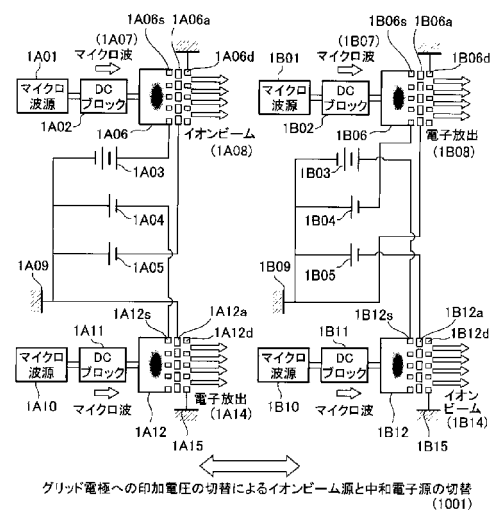
(54) 【発明の名称】 イオン噴射装置、推進装置及び人工衛星

(57) 【要約】

【課題】 イオンエンジンを小型化する。

【解決手段】 正の荷電粒子と負の荷電粒子を含むプラズマ集合体を包囲し、開口を有する容器と、開口の外側に設けられる電極と、電極の正負の極性を変更する電極極性変更手段と、を備え、電極極性変更手段により、電極の極性を負に設定することによって、開口から正の荷電粒子を噴射させ、電極極性変更手段により、電極の極性を正に設定することによって、開口から負の荷電粒子を噴射させることを可能とするイオン噴射装置。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

正の荷電粒子と負の荷電粒子を含むプラズマ集合体を包囲し、開口を有する容器と、
前記開口の外側に設けられる電極と、
前記電極の正負の極性を変更する電極極性変更手段と、
を備え、
前記電極極性変更手段により、前記電極の極性を負に設定することによって、前記開口から正の荷電粒子を噴射させ、前記電極極性変更手段により、前記電極の極性を正に設定することによって、前記開口から負の荷電粒子を噴射させることを可能とするイオン噴射装置。

10

【請求項 2】

前記電極の電圧値を変更可能な、電極電圧値変更手段を更に備える、請求項 1 に記載のイオン噴射装置。

【請求項 3】

前記電極への電圧の印加時間間隔を変更可能な、電極電圧印加期間変更手段を更に備える、請求項 1 に記載のイオン噴射装置。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 に記載のイオン噴射装置を複数個設けた推進装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の推進装置であって、
前記複数個のイオン噴射装置から噴射されるイオンの量及び極性を調整する、イオン量及び噴射イオンの極性調整手段を備えることによって、
噴射されるイオン全体を合計した電荷がゼロにされるようにする、
推進装置

20

【請求項 6】

請求項 4 又は 5 に記載の推進装置であって、
前記複数のイオン噴射装置のそれぞれによる推進力のベクトル和を調整する、イオン噴射装置推進力調整手段を更に備える、推進装置。

【請求項 7】

人工衛星であって、
前記人工衛星表面上の同一平面上に 4 個の、請求項 4 又は 5 の前記推進装置が配置され、
前記人工衛星の重心から前記平面上へ降ろした垂線と前記平面の交点と、前記 4 個の点で規定される 4 角形の重心が一致し、
配置された 4 個の推進装置の噴射方向が、当該平面に垂直な、同一ベクトル方向である、人工衛星。

30

【請求項 8】

前記 4 個の推進装置の噴射力を調整して、前記人工衛星に、回転を伴わない所定方向への移動モード（即ち併進モード）、当該所定方向を x 軸としたときに、x 軸に直交する所定軸 y 軸のまわりに回転するモード（即ち y 軸回転モード）、当該 x 軸と y 軸の双方に直交する z 軸のまわりに回転するモード（即ち z 軸回転モード）のいずれか、又は、その組合せの運動モードを与える、噴射力調整手段を更に含む、請求項 6 に記載の人工衛星。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、イオン噴射装置、推進装置及び人工衛星に関連する。

【背景技術】

【0002】

近年、衛星の小型化が注目を集めており、これに伴い各コンポーネントの小型化が要求されている。高い比推力と安定した連続推力を供給するイオンエンジンシステムは、小型

50

衛星の推進系として小型化が望まれている。通常、衛星用のイオンエンジンシステムは、推力となるイオンビームを生成するプラズマ源と同ビームを中和する電子を放出するプラズマ源を必要とする。何故なら、推力となる(+)イオンビームのみを噴射し続けると、衛星本体がマイナスに荷電され、衛星から宇宙空間へ放電が起こってしまい、その結果、衛星機器の破壊を招いてしまうからである。

【0003】

近年、人工衛星および宇宙探査機の小型化が注目を集めており、これに伴い衛星の各コンポーネントの小型化が要求されている。特に、高い比推力と効率を有するイオンエンジンシステムは、推進剤および電力の低減できるため、小型衛星用の高効率エンジンとして小型化が望まれている。

10

【0004】

一般に、イオンエンジンシステムは、推力となるイオンビームを生成するプラズマ源と同ビームの中和のための電子を放出する2種類の機構を必要とする。通常のイオンエンジンシステムでは、電子放出を行う電子源(中和器)はイオンビーム源(スラストヘッド)に比べて十分小さく作られる。

【0005】

これまで、イオンエンジンシステムのイオンビーム源および中和電子源単体に関する特許が存在する(例えば特許文献1)。

【0006】

また、単なるイオンエンジンの小型化は行われている(例えば、非特許文献1)。

20

【0007】

【特許文献1】特開平05-172038号公報

【非特許文献1】Nakayama, Y., Funaki, I., and Kuninaka, H.: Sub-Milli-Newton Class Miniature Microwave Ion Thruster, Journal of Propulsion and Power, 23 (2), 2007, pp. 495-499.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

イオンエンジンにおいては、上述のように2種類のプラズマ源を要する。更に、小型化されたイオンエンジンシステムにおいては、大型のシステムと比較して、相対的に電子源(中和器)の大きさがイオンビーム源に匹敵するため、小型化の大きな障害となっており解決策が求められていた。

30

【0009】

また、小型衛星においては、重量および電力制限が厳しいために、一つの機器に複数の機能を持たせることによる機器の削減が望まれている。小型推進装置においても併進制御と姿勢制御の両者を行う高機能な装置が望まれている。なお、小型衛星とは、典型的には約100 kg以下の衛星を差す。人工衛星の電力制限は100 kg衛星の場合はおおよそ100 W以下となる(おおよそ質量に比例する)。

(なお、併進制御とは、衛星を回転させずに、一定方向に運動するように制御することであり、姿勢制御とは、衛星の姿勢が外乱等により所望の姿勢から外れそうになったとき、当該外乱等と反対方向の回転力を与えて、衛星の姿勢を保持する制御である)

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために、本発明では、例えば、正負双方のイオンが混在する1つのプラズマ集合体を、イオンビーム源と中和電子源の双方に利用すること、及び、これにより衛星上に設置された複数のプラズマ源のうち、任意の組み合わせでイオンビーム推力を生成し、またイオンビーム源と中和電子源の両者の切り替えによる運転モードの切り替えを行う。

【0011】

具体的には、本発明は、例えば以下の各発明を提供する。

50

(発明 1)

正の荷電粒子と負の荷電粒子を含むプラズマ集合体を包囲し、開口を有する容器と、
前記開口の外側に設けられる電極と、

前記電極の正負の極性を変更する電極極性変更手段と、
を備え、

前記電極極性変更手段により、前記電極の極性を負に設定することによって、前記開口から正の荷電粒子を噴射させ、前記電極極性変更手段により、前記電極の極性を正に設定することによって、前記開口から負の荷電粒子を噴射させることを可能とするイオン噴射装置。

【0012】

10

このように構成することによって、正負双方のイオンが混在する1つのプラズマ集合体を、イオンビーム源と中和電子源(負の荷電粒子の代表例)の噴射源の双方に利用することが可能となる。なお、負の荷電粒子には、電子および負の荷電粒子を含む全ての負に帯電した粒子を含む。

【0013】

(発明 2)

前記電極の電圧値を変更可能な、電極電圧値変更手段を更に備える、発明 1 に記載のイオン噴射装置。

【0014】

このように構成することによって、イオン源及び電子源からの噴射イオン及び電子の速度を変更することが可能となる。

20

【0015】

(発明 3)

前記電極への電圧の印加時間間隔を変更可能な、電極電圧印加期間変更手段を更に備える、発明 1 に記載のイオン噴射装置。

【0016】

このように構成することによって、イオン源及び電子源からの噴射イオン及び電子の、単位時間当たりの量、従って、電荷量を変更することが可能となる。

【0017】

(発明 4)

30

発明 1 ないし 3 に記載のイオン噴射装置を複数個設けた推進装置。

【0018】

(発明 5)

発明 4 に記載の推進装置であって、

前記複数個のイオン噴射装置から噴射されるイオンの量及び極性を調整する、イオン量及び噴射イオンの極性調整手段を備えることによって、

噴射されるイオン全体を合計した電荷がゼロにされるようにする、
推進装置。

【0019】

このように構成することによって、推進装置(及びそれに電氣的に接続された構体)の電位をゼロに維持することが可能である。

40

【0020】

(発明 6)

発明 4 又は 5 に記載の推進装置であって、

前記複数のイオン噴射装置のそれぞれによる推進力のベクトル和を調整する、イオン噴射装置推進力調整手段を更に備える、推進装置。

【0021】

このように構成することによって、推進装置によって、任意の方向で、任意の大きさの推力を得ることが可能となる。

【0022】

50

(発明 7)

人工衛星であって、

前記人工衛星表面上の同一平面上に 4 個の、発明 4 又は 5 の前記推進装置が配置され、
前記人工衛星の重心から前記平面上へ降ろした垂線と前記平面の交点と、前記 4 個の点
で規定される 4 角形の重心が一致し、

配置された 4 個の推進装置の噴射方向が、当該平面に垂直な、同一ベクトル方向である
、人工衛星。

【0023】

このように構成することによって、4 個の推進装置のうち、対角線に位置する 2 個を、
同一の推力で働かせれば、併進モードでの動作が可能となり、隣接する 2 個を同一の推力
で働かせれば、y 軸又は z 軸回転モードでの動作が可能となる。

10

【0024】

(発明 8)

前記 4 個の推進装置の噴射力を調整して、前記人工衛星に、回転を伴わない所定方向へ
の移動モード（即ち併進モード）、当該所定方向を x 軸としたときに、x 軸に直交する所
定軸 y 軸のまわりに回転するモード（即ち y 軸回転モード）、当該 x 軸と y 軸の双方に直交
する z 軸のまわりに回転するモード（即ち z 軸回転モード）のいずれか、又は、その組合
せの運動モードを与える、噴射力調整手段を更に含む、発明 6 に記載の人工衛星。

【発明の効果】

【0025】

20

本発明の 1 つの実施の形態によれば、正負双方のイオンが混在する 1 つのプラズマ集合
体を、イオンビーム源と中和電子源の噴射源の双方に利用することによって、衛星に設置
された複数の噴射源のうち、任意の場所からイオンビームを引き出して推力を得ることが
できる（その他の任意の場所から中和電子ビームを引き出してイオンの中和を図ることが
できる）。

【0026】

また、本発明の別の形態によれば、ビームの組み合わせによって、衛星に併進運動およ
び回転運動の両者を自由に与えることができ、複数の運転モードが可能となる。

【0027】

更に、本発明の 1 つの実施形態によれば、一つのシステムによって複数の運転モード
が実現できるため、他の機器（姿勢制御装置やジンバルなど）を省略して全体としての小
型化が可能となる。また、一つの装置に複数の役割を持たせることになるので、他の装置
の省略することができ衛星全体としての小型化が可能となる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

図 1 を参照する。図 1 の構成では、1 A・・・で示される左半分の構成によって、上側
のプラズマ源ではイオンビーム 1 A 0 8 が噴射され、下上側のプラズマ源では電子ビーム
1 A 1 4 が噴射される。

【0029】

そして、各グリッドの電位を変更することによって、1 B・・・で示される右側の構成
によって、上側のプラズマ源では電子ビーム 1 B 0 8 が噴射され、下上側のプラズマ源で
はイオンビーム 1 B 1 4 が噴射される。以下詳説する。

40

【0030】

本発明の 1 つの実施の形態では、プラズマ源として希ガス（キセノン、アルゴン、クリ
プトン、ヘリウム）もしくは他の不活性ガスを作動ガスとして用いる。（ここで、プラズ
マ源とは、図 1 の 1 A 0 6、1 A 1 2、1 B 0 6、及び、1 B 1 2 等の容器中に存在する
プラズマが噴射される源である。）

【0031】

プラズマの生成にはマイクロ波源（マイクロ波発信器およびマイクロ波増幅器からなる
）1 A 0 1、1 A 1 0、1 B 0 1、1 B 1 0 を用いる。プラズマ生成室は金属容器 1 A 0

50

6、1 A 1 2、1 B 0 6、及び、1 B 1 2で囲まれた空間であり、この空間に作動ガスおよびマイクロ波を投入することによりプラズマを生成する。

【0032】

プラズマ生成室1 A 0 6、1 A 1 2、1 B 0 6、及び、1 B 1 2には、プラズマを効率的に生成するために磁石を配置することが好ましい。プラズマ生成室1 A 0 6、1 A 1 2、1 B 0 6、及び、1 B 1 2にはイオンあるいは電子を抽出するため、複数枚の電極（グリッド）が設置される（典型的には3枚が重ねられる）。各グリッドの厚みは凡そ0.05～5mmであり、複数（1～1000個）の孔（直径0.1～10mm）が開いている。穴の位置は各グリッドにおいて同じ位置（同心円）にある。各グリッドは、マイクロ波源側から数えてそれぞれ、スクリーングリッド1 A 0 6 s、1 A 1 2 s、1 B 0 6 s、1 B 1 2 s、アクセルグリッド1 A 0 6 a、1 A 1 2 s、1 B 0 6 a、1 B 1 2 a、およびデセルグリッド1 A 0 6 d、1 A 1 2 d、1 B 0 6 d、1 B 1 2 dと呼ばれることがある。これらのグリッドへの印加電圧のパターンによって、イオンおよび電子を静電力によって抽出することが可能である。

10

【0033】

典型的にはスクリーングリッド1 A 0 6 s、1 A 1 2 s、1 B 0 6 s、1 B 1 2 sはプラズマ生成室1 A 0 6、1 A 1 2、1 B 0 6、及び、1 B 1 2壁面と同電位にある。

【0034】

例えば、イオンを引き出すには、スクリーングリッド1 A 0 6 s、1 B 1 2 sに500～3000V、アクセルグリッド1 A 0 6 a、1 B 1 2 aに-500～0V、デセルグリッド1 A 0 6 d、1 B 1 2 dに0Vを印加する。

20

【0035】

例えば、電子を引き出すためには、スクリーングリッド1 A 1 2 s、1 B 0 6 s、に-150～0V、アクセルグリッド1 A 1 2 s、1 B 0 6 a、およびデセルグリッド1 A 1 2 d、1 B 0 6 d、に0Vを印加する。

【0036】

直流電圧が印加されるプラズマ生成室とマイクロ波源の間には、直流電圧を遮断するための機器（DCブロック）1 A 0 7、1 A 1 1、1 B 0 7、1 B 1 1を用いる。また、プラズマ生成室と作動ガスの供給源との間にも、直流電圧を遮断するための機器（ガスアイソレータ）（不図示）を挿入する。

30

【0037】

本実施形態においては、上記のプラズマ源を複数個（2個以上）用いる。典型的には、宇宙空間における人工衛星に搭載され、使用環境は高真空下である。このときの背景圧力は10-3Pa以下である（地上での実験の際には凡そ10-2～10-6Pa程度の環境で行う）。

【0038】

例えば、二つのプラズマ源を用いた場合に、図1の左右に示すように各グリッドへの電源のスイッチ切替を行うことによって、イオンおよび電子を抽出するプラズマ源を任意に選択することができる。（つまり、概略的に説明すれば、イオンを噴射する際には、グリッドを負電位にし、電子を噴射する際には、グリッドを正電位にする。）

40

【0039】

人工衛星からイオン引出を行う際には、衛星の帯電を防止するために、引き出したイオンと同数の電子を引き出すことが必要である（多くの場合には引出イオン数に応じて自動的に電子の数が調整される、もしくは電子を引き出すグリッドの印加電圧を能動的に制御することによってこれが達成される）。このため、イオンおよび電子の同時引き出しが前提となる。

【0040】

イオンの引き出しを行った際には、イオン排出の反作用として人工衛星に推力が働く。電子の引き出しにおいても推力が働くが、この力はイオンに比べて十分小さく（典型的には1,000～1,000,000分の1の大きさ）無視できる。

50

【0041】

従って、本実施の形態によって、イオン引出のプラズマ源を選択することによって、人工衛星に働く推力の位置を選択することができる。本実施の形態において、プラズマ源が3個以上の場合においても適用できる。また、イオン源の数と電子源の数異なる場合においても適用可能である。

【0042】

本実施の形態の複数のプラズマ源を人工衛星の好ましい位置関係に配置することによって、複数の種類の運動を人工衛星に与えることができる推進システムの構築が可能となる。

【0043】

たとえば、図2に示すように直方体型の人工衛星のある一つの面の4角にプラズマ源を配置して、電源からグリッドへの配線のスイッチ切替によって各プラズマ源をイオン源および電子源のいずれかとして働かせるかを選択することによって、人工衛星にX軸方向への併進運動、Y軸まわりの回転運動、Y軸まわりの逆回転運動、Z軸まわりの回転運動、Z軸まわりの逆回転運動の5種類の運動を与えることができる。

【0044】

本実施の形態のプラズマ源は、衛星の一つの面だけではなく複数の面に同時に配置することができる(図3)。

【0045】

本実施の形態を用いた推進システムは、プラズマ源の数を選択することによって、任意の方向の併進運動および回転運動を提供することができる。また、複数のプラズマ源の配置によって、冗長性の確保を行うこともできる。

【0046】

また、マイクロ波源および作動ガス供給源は一つのみを用意して、各プラズマ源にマイクロ波および作動ガスを振り分けることが好ましい(図3)。ただし、冗長系として一つ以上のマイクロ波源および作動ガス供給源を使用することもある。

【産業上の利用可能性】

【0047】

本発明は、低軌道の地球観測衛星、静止軌道の通信衛星・観測衛星、および深宇宙の探査機のいずれにも利用できる。特に、容量および重量制限の厳しい小型衛星への適用が好ましい。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】本発明の1つの実施の形態の説明。

【図2】人工衛星にX軸方向への併進運動、Y軸まわりの回転運動、Y軸まわりの逆回転運動、Z軸まわりの回転運動、Z軸まわりの逆回転運動の5種類の運動を与える実施の形態。

【図3】マイクロ波源および作動ガス供給源は一つのみを用意して、各プラズマ源にマイクロ波および作動ガスを振り分ける場合の実施の形態。

【符号の説明】

【0049】

1A03～1A05	電源
1A09	接地
1B03～1B05	電源
1B09	接地
1A06s、1A12s、1B06s、1B12s	スクリーングリッド
1A06a、1A12a、1B06a、1B12a	アクセルグリッド
1A06d、1A12d、1B06d、1B12d	デセルグリッド

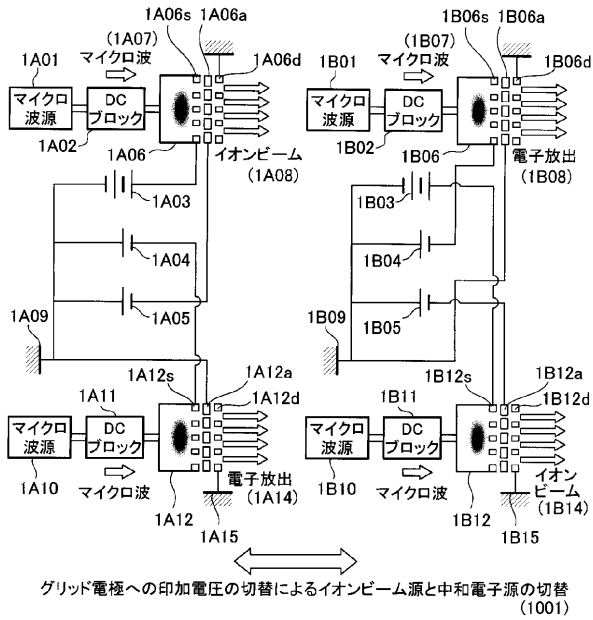
10

20

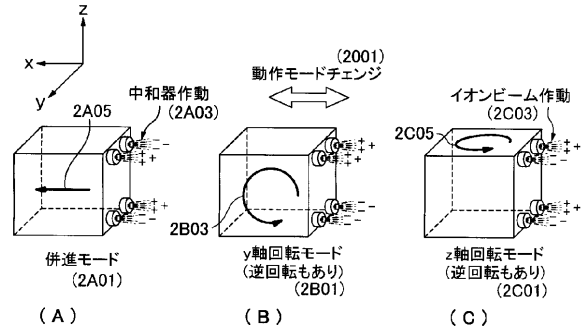
30

40

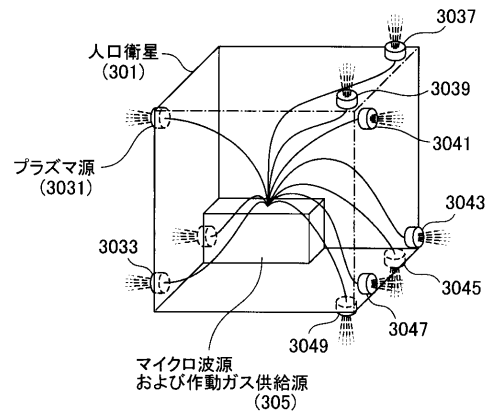
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

- (72)発明者 國中 均
神奈川県相模原市由野台 3-1-1 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部内
- (72)発明者 小泉 宏之
神奈川県相模原市由野台 3-1-1 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部内
- (72)発明者 西山 和孝
神奈川県相模原市由野台 3-1-1 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部内